

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN
MICROTECHNIQUES**

SESSION 2015

ÉPREUVE E4 :
CONCEPTION PRÉLIMINAIRE
D'UN SYSTÈME MICROTECHNIQUE

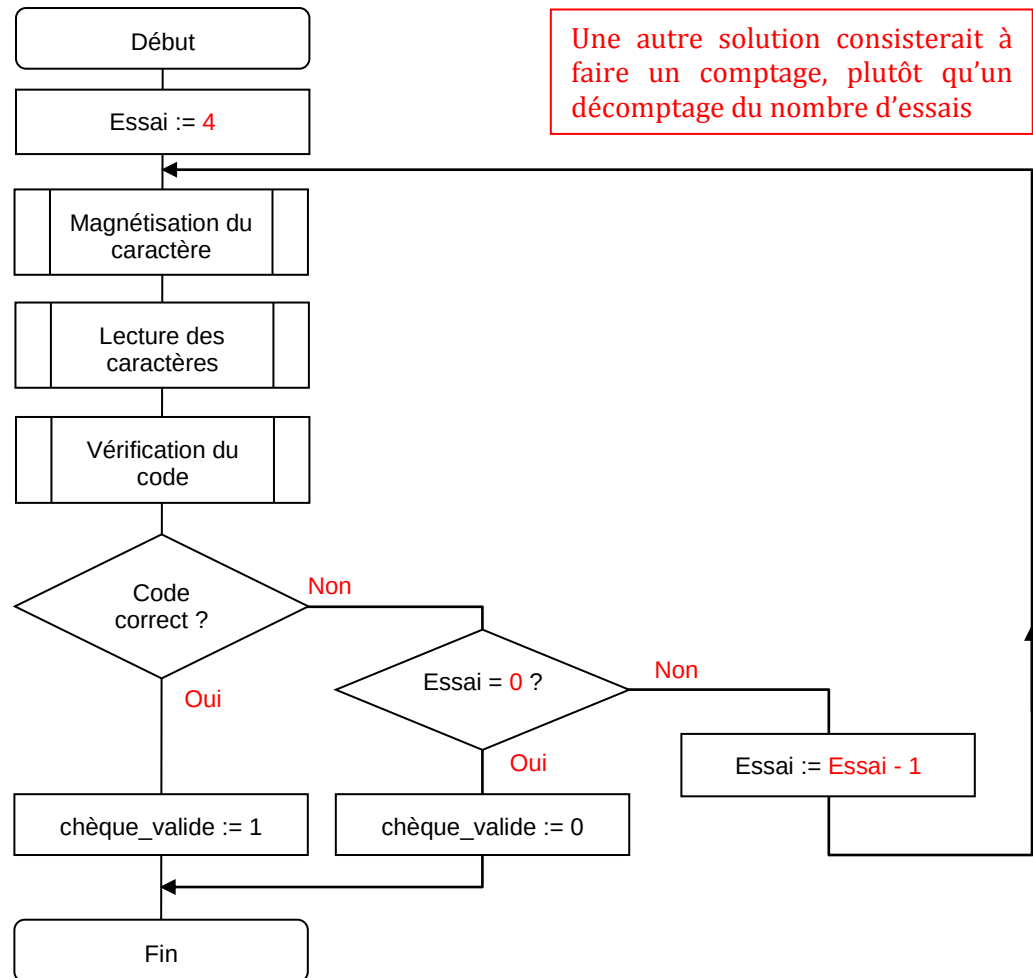
Durée : 4 heures

Coefficient : 2

LECTEUR EDITEUR DE CHEQUES

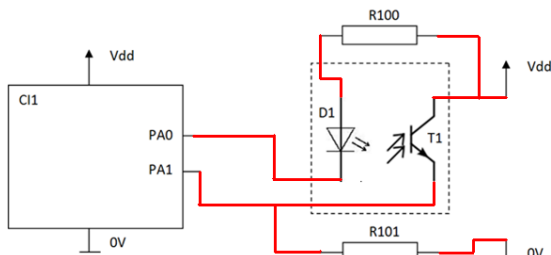
CORRIGE

Q1 : Algorithme de la Macro « Vérification du chèque »

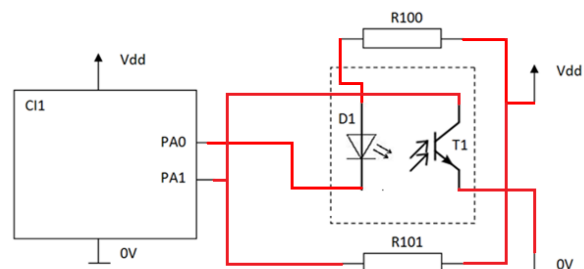


Q5 : Choix, justification et schéma structurel associé au capteur optique (A compléter)

Type Réflexion : C'est le meilleur choix car présence d'une bande blanche sur le chèque. De plus, il est compact. Choix retenu dans le produit par l'entreprise. Le choix du candidat pour cette solution est à valoriser.



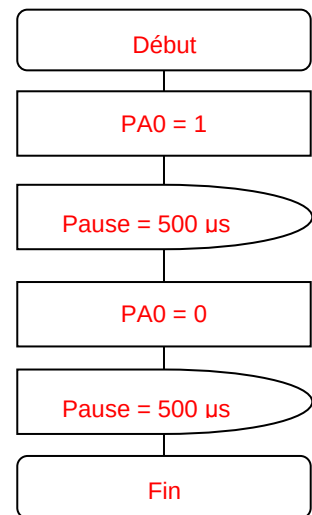
Type Barrière : Technologiquement, ce choix pourrait convenir, mais il ne permet pas de reconnaître le sens d'insertion. Ce capteur est plus volumineux. Si l'étudiant a choisi ce capteur, il faut vérifier et valoriser la cohérence avec le schéma.

Q23 : Tableau des phases de commande du moteur (Utiliser le document [DT16](#))

	Rotation sens direct				Rotation sens inverse			
Entrées	Etape1	Etape2	Etape3	Etape4	Etape1'	Etape2'	Etape3'	Etape4'
Phase1	1	1	0	0	0	0	1	1
Phase2	0	1	1	0	0	1	1	0

Q6 : Proposer sur feuille de copie une solution possible de séquence d'algorithme (macro) permettant de générer sur une période le signal en PA0

$$\begin{aligned} f &= 1 \text{ kHz} \\ T &= 1 \text{ ms} \\ T/2 &= 0,5 \text{ ms} \end{aligned}$$



Q7 : Relever la plus petite dimension du code CMC7 à lire.

$$d_{lecture} = 0,15 \text{ mm}$$

Q8 : A partir de la résolution d'impression, calculer la distance entre deux points imprimés.

$$96 \text{ dpi} = 96 \text{ point sur } 25,4 \text{ mm} \quad d_{impression} = 25,4 / 96 = 0,265 \text{ mm}$$

Q9 : Selon les deux valeurs trouvées précédemment, en déduire dans quel cas (lecture ou impression) le système nécessite-il le plus de précision ?

La lecture nécessite le plus de précision : $d_{lecture} = 0,15 \text{ mm}$

Q10 : Sachant que le galet a un diamètre de 30 mm, calculer l'angle de rotation du galet pour lire la plus petite dimension.

$$d_{lect} = R \cdot \theta_{galet} \quad \rightarrow \quad \theta_{galet} = d_{lecture} / R = \frac{0,15}{15} = 0,01 \text{ rad} = 0,573^\circ$$

Q11 : Le moteur pas à pas choisi peut-il convenir s'il entraîne directement le galet. Justifier la réponse.

*Le moteur est donné avec un angle de pas de $1,8^\circ$ (200 pas par tour).
Donc il ne convient pas.*

Q12 : Calculer le rapport cinématique de cette transmission.

$$\text{Rapport cinématique} = \theta_{moteur} / \theta_{galet} = \frac{1,8}{0,573} = 3,14$$

Q13 : A partir de la capacité de lecture de la tête (Tape Speed), calculer la vitesse de lecture en mm/s

$$V_{lecture} = 10 \text{ pouces par seconde} = 254 \text{ mm/s}$$

Q14 : Calculer la vitesse de déplacement du chèque devant la tête d'impression pour obtenir une impression de haute qualité (haute densité)

Fréquence d'impression en haute qualité : $625 \text{ Hz} = 625 \text{ points par seconde}$

$$V_{impression} = 625 \times \frac{25,4}{96} = 625 \times 0,265 = 165 \text{ mm/s}$$

Q15 : En admettant que la plus grande vitesse du chèque sera de 250 mm.s^{-1} , calculer la vitesse angulaire du galet la plus grande vitesse angulaire du galet (lecture ou écriture).

La plus grande vitesse angulaire du galet sera obtenue en phase de lecture

$$\omega_{\text{galet en lecture}} = \frac{V_{\text{lecture}}}{R_{\text{galet}}} = \frac{250 \text{ mm/s}}{15 \text{ mm}} = 16,66 \text{ rad/s}$$

Q16 : Sachant que le rapport cinématique entre le moteur et le galet est arrondi à 3, calculer la fréquence de rotation du moteur en tour par seconde

$$\omega_{\text{moteur}} = \omega_{\text{galet}} \times 3 = 16,66 \times 3 = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{50}{2\pi} = 7,95 \text{ tr/s}$$

Q17 : En déduire la plus grande fréquence de pilotage du moteur en pas par seconde

Le moteur effectue 200 pas par tour.

La fréquence de pilotage du moteur est de : $200 \times 7,95 = 1591 \text{ pas par seconde}$

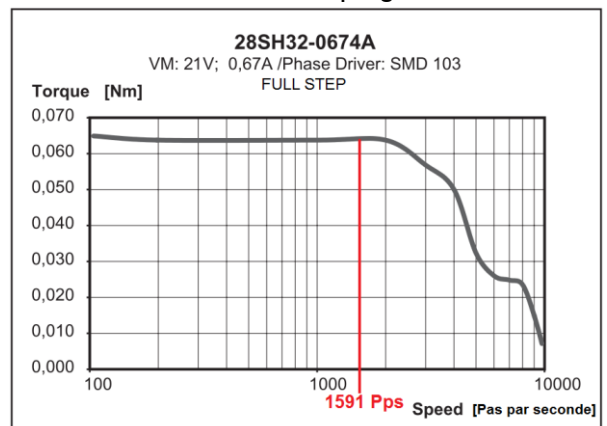
Q18 : A partir de la courbe fournie, vérifier que le moteur fonctionne dans sa plage souhaitée. Justifier

Le moteur fonctionne dans la zone de couple constant : 6,4 cN.m

Il commence à décrocher (perdre des pas) à partir de 1800 pas par seconde

Q19 : Le système ne contient qu'un capteur détectant l'introduction du chèque. Selon la technologie du moteur et sans autre capteur, déterminer comment la position du chèque peut être connue à chaque instant.

Une impulsion générée par le microcontrôleur correspond à un déplacement angulaire précis de l'axe du moteur. Si le microcontrôleur mémorise le nombre d'impulsions émises, il est possible de connaître le nombre de tours du moteur, et donc la position du chèque via la transmission.



Q20 : En déduire une solution logicielle permettant la mise en défaut du système si le chèque dépasse une longueur de 225 mm.

Si le nombre d'impulsions moteur > N_{Longueur 225 mm} alors chèque rejeté. Sinon chèque accepté.

Q21 : Sachant que le courant fourni par une sortie de microcontrôleur est au maximum de 20 mA sous 3,3 V, justifier la nécessité d'une interface de puissance pour que le microcontrôleur puisse piloter le moteur pas à pas.

I et U Sortie Microcontrôleur insuffisants pour alimenter le moteur pas à pas :

$$I_{\text{Sortie Microcontrôleur}} = 20 \text{ mA} < I_{\text{Phase Moteur}} = 0,63 \text{ A}$$

$$U_{\text{Sortie Microcontrôleur}} = 3,3 \text{ V} < U_{\text{Phase Moteur}} = 21 \text{ V}$$

Donc il y a nécessité d'une interface de puissance.

Q22 : Dans le cas où, seuls T2 et T5 sont passants (équivalents à leur $R_{\text{DS(on) Max}}$), vérifier qu'il reste au moins 95 % de la tension d'alimentation aux bornes de la bobine B1 du moteur.

$$R_{\text{DS(on) T2}} = R_{\text{DS(on) T5}} = 430 \text{ m}\Omega \quad R_{\text{Sense1}} = 330 \text{ m}\Omega$$

$$\text{Chute de tension } U_{\Sigma R} = (430 + 430 + 330) \times I_{\text{ph}} = 1.19 \Omega \times 0,67 \text{ A} = 0,797 \text{ V}$$

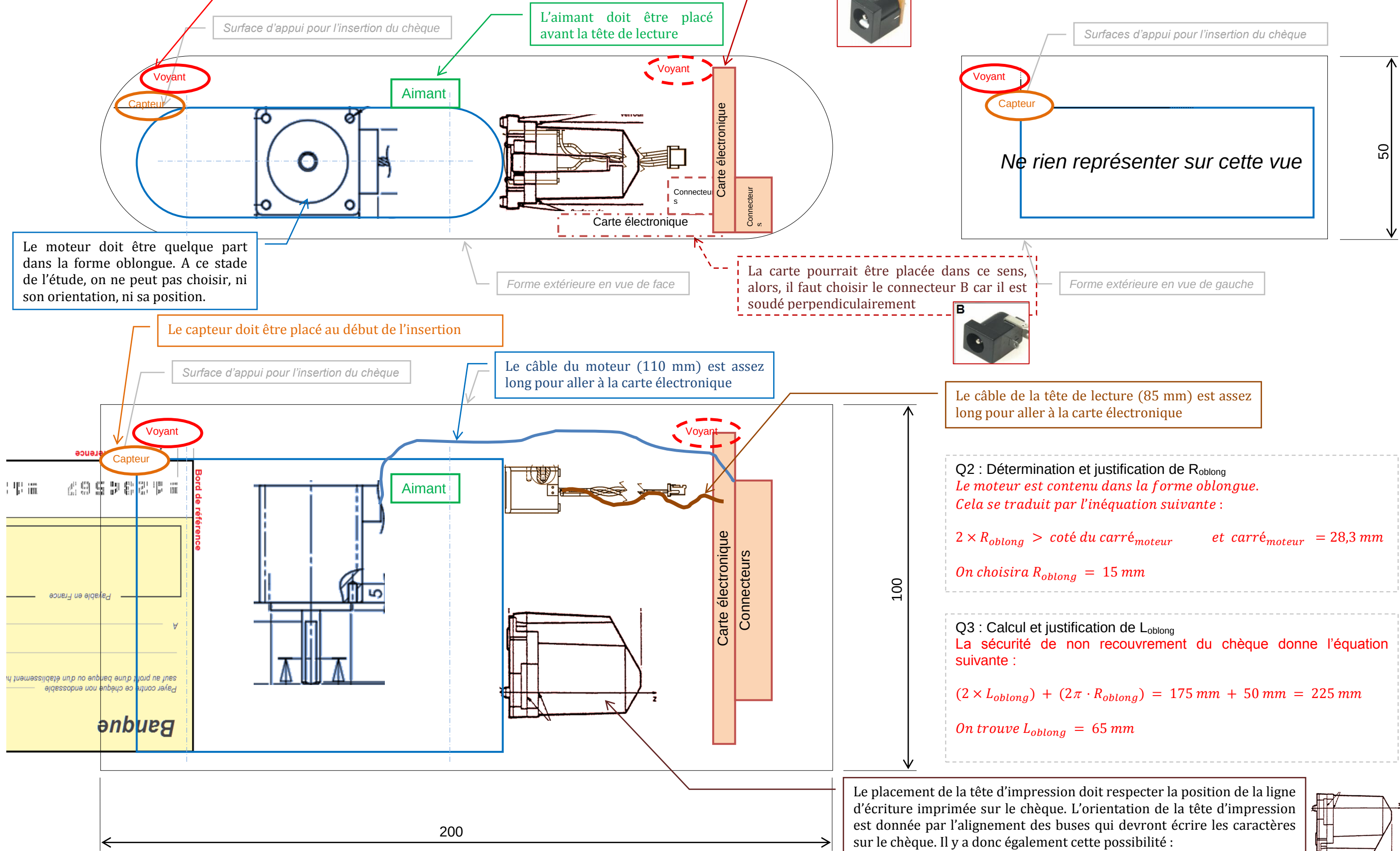
$$0,797/21 = 3,7 \%$$

Il reste environ 96% des 21V aux bornes de B1

Q4 : Etude géométrique d'implantation : Ecl

Le voyant doit être placé, soit près du capteur, soit près de la carte électronique. Il doit être proche de la surface supérieure

Si la carte est placée dans ce sens, alors, il faut choisir le connecteur A car il est soudé à l'arrière



Module d'entraînement :

Q24 : Solution 1 : Transmission par engrenages – Echelle 2:1

Rien ne doit dépasser de la forme oblongue

Pignon moteur

Pignon intermédiaire

Roue liée au galet

Avec ces nombres de dents, les modules sont tous égaux à 0,5 mm

Z = 45

Z = 35

Z = 15

Z = 35

Z = 45

On aurait pu imaginer une solution avec deux étages de réduction à la place du pignon intermédiaire. Si cette solution respecte le rapport cinématique de 3 (par exemple $2 \times 1,5$), elle doit être considérée comme bonne si elle est proposée par les candidats.

Q25 : Solution 2 : Transmission par poulies et courroies – Echelle 2:1

Courroie secondaire : entre les deux galets

Courroie primaire : du moteur à un galet

$\varnothing = 24$

$\varnothing = 8$

$\varnothing = 24$

On aurait pu imaginer une solution avec deux courroies identiques partant toutes les deux de la poulie du moteur pour aller vers chaque galet. Cette solution n'a pas été retenue car elle rend la tension des deux courroies, difficile. Cependant elle doit être considérée bonne si elle est proposée par les candidats.

Q26 : Choix de la solution :

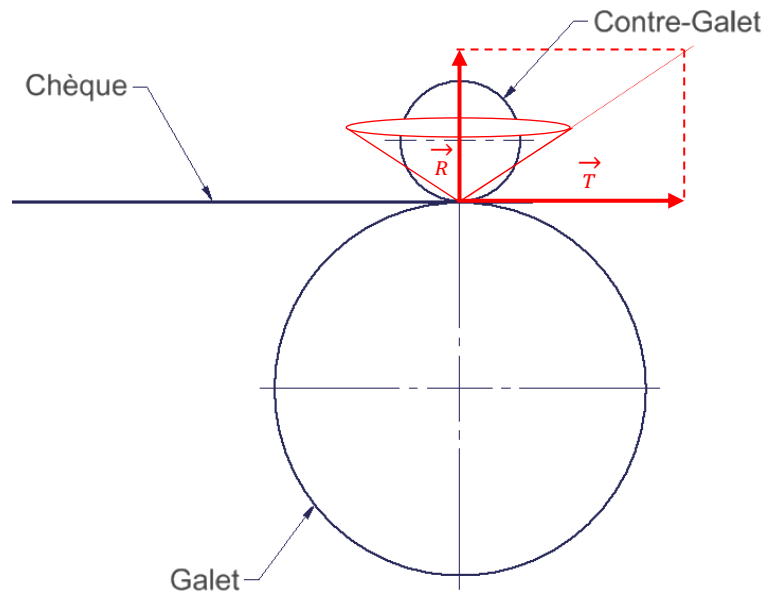
L'entreprise a retenu la solution par poulies et courroies car : 1. C'est moins bruyant que les engrenages. 2. Les engrenages possèdent un jeu dans les dentures que n'ont pas les courroies crantées si elles sont correctement tendues.

Pincement du chèque

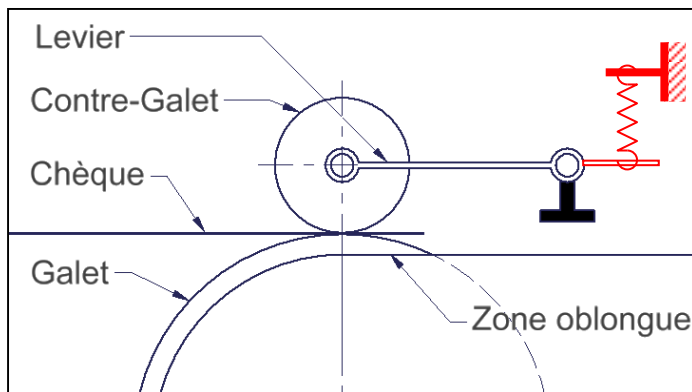
Q30 : Mise en place de R et T sur la figure ci-contre.

Q31 : Calcul du facteur de frottement minimum :

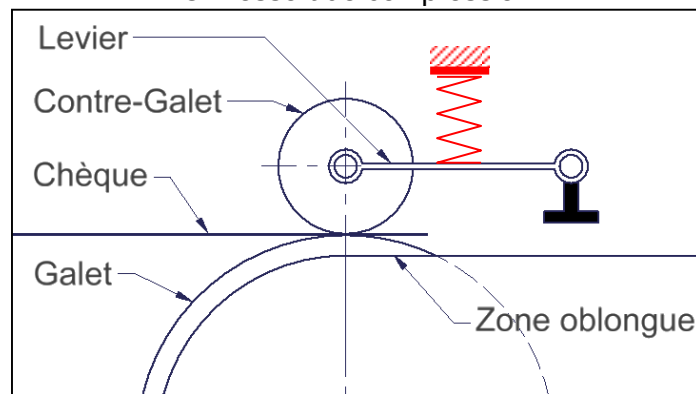
$$\tan \varphi = \frac{T}{R} = \frac{6}{4} = 1,5$$



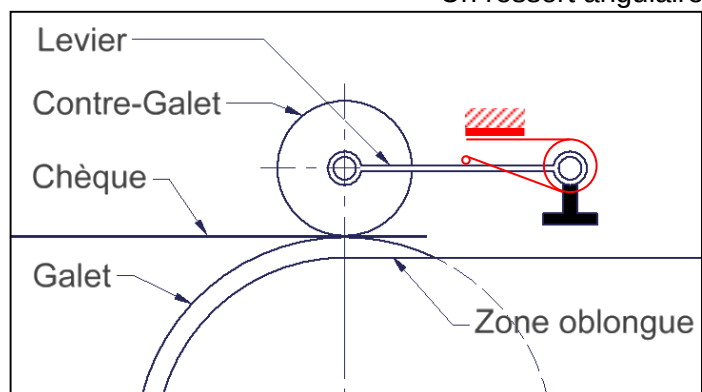
Q32 : Placer sur les schémas ci-dessous
Un ressort de traction



Un ressort de compression

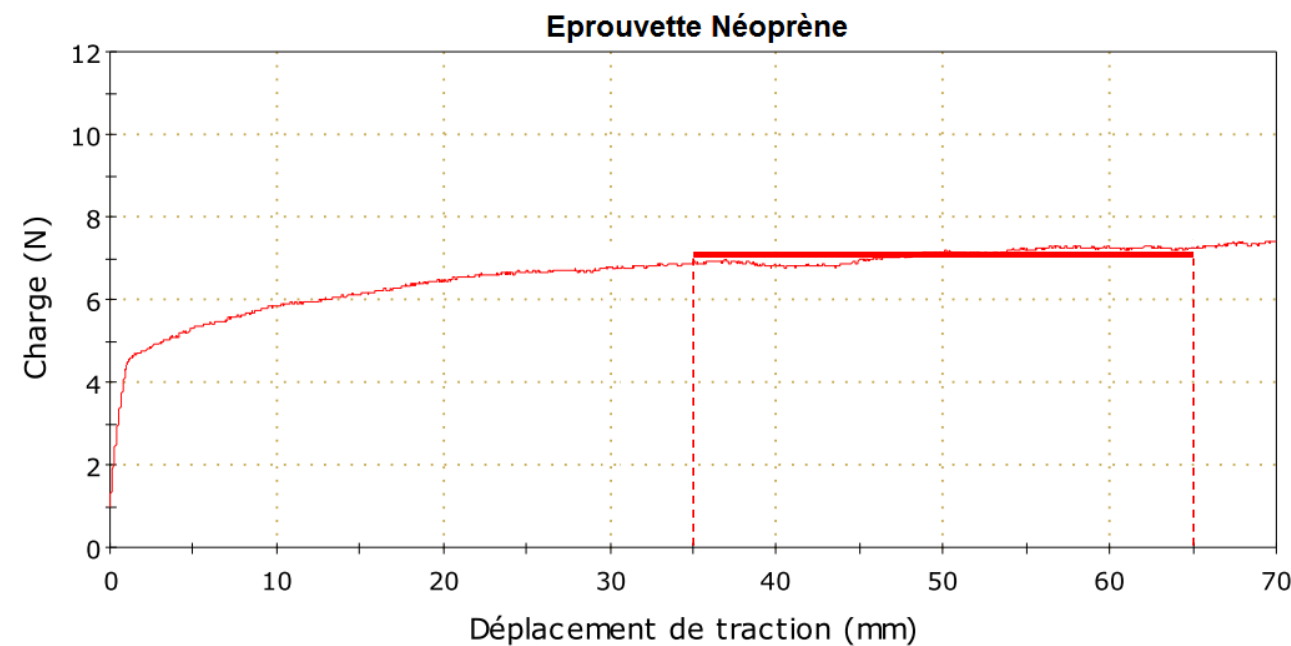
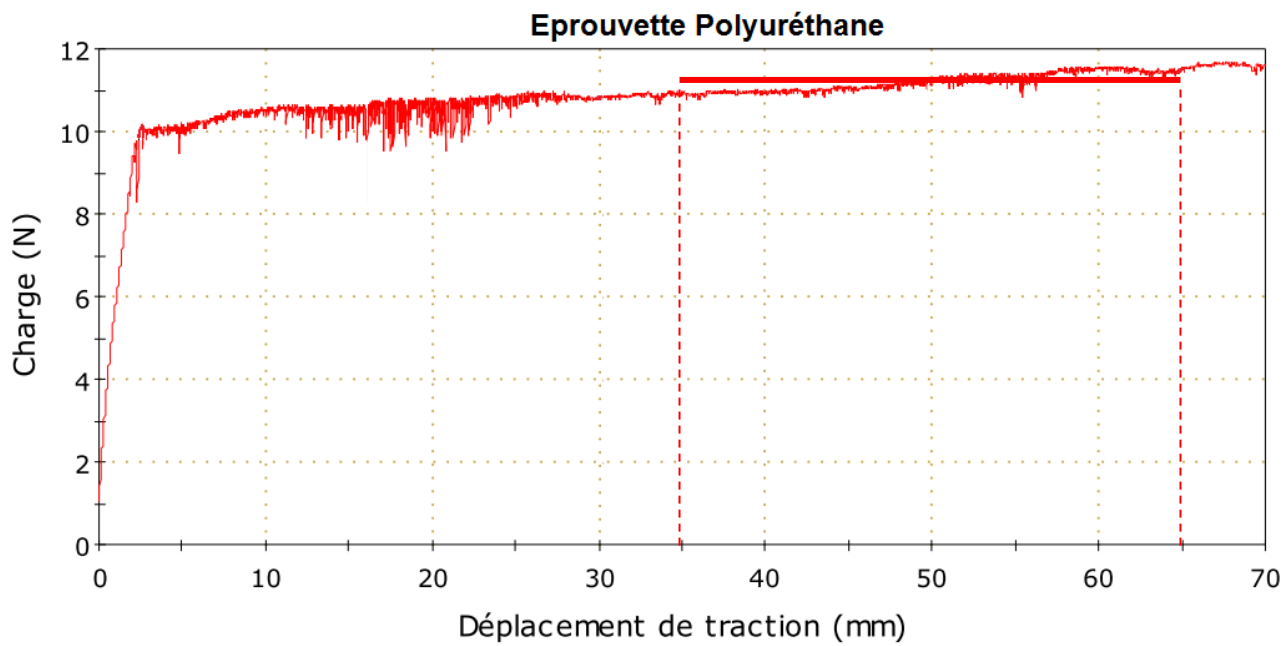
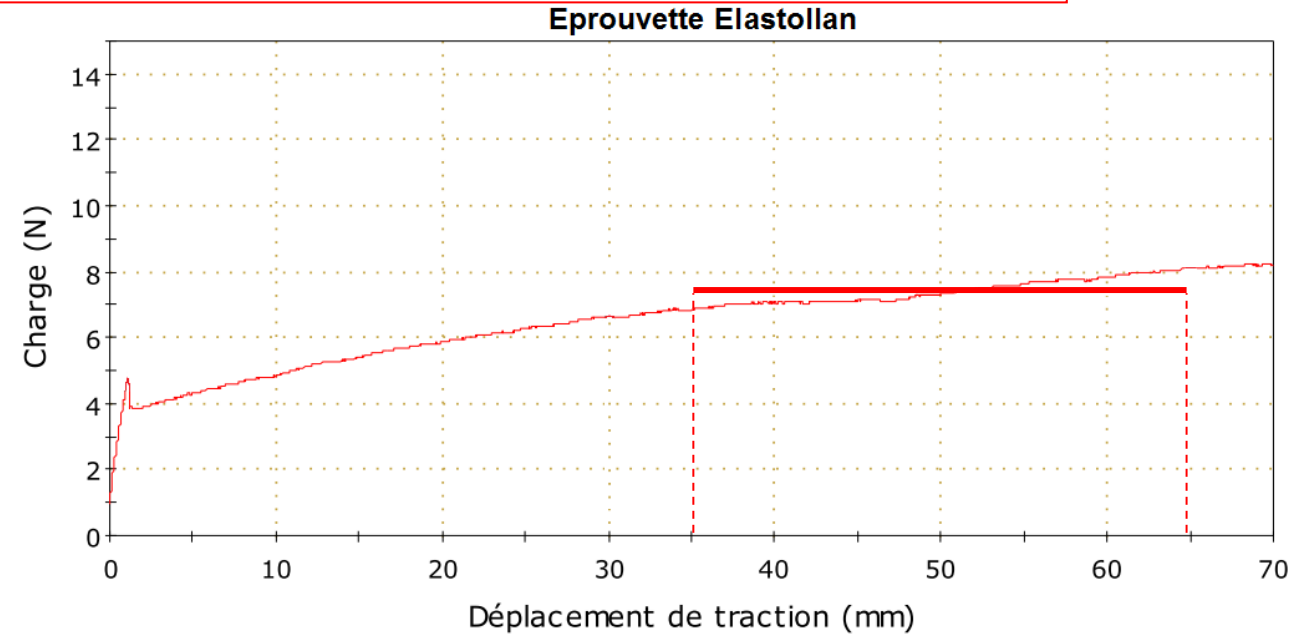
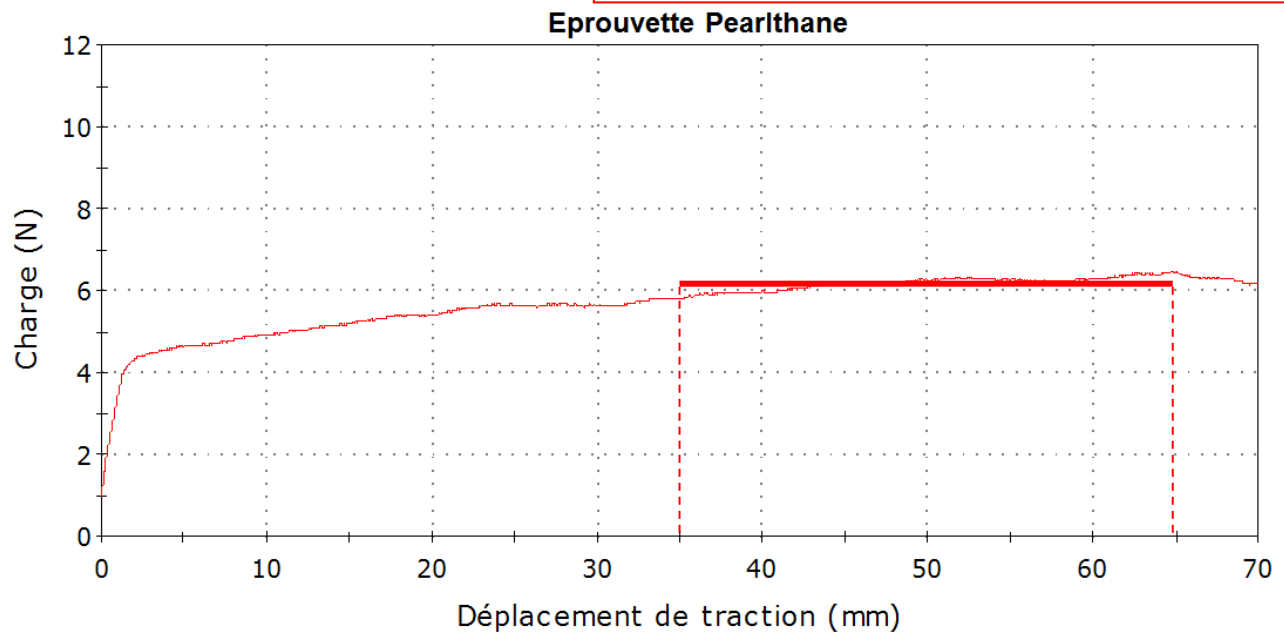


Un ressort angulaire



Choix de matériau :

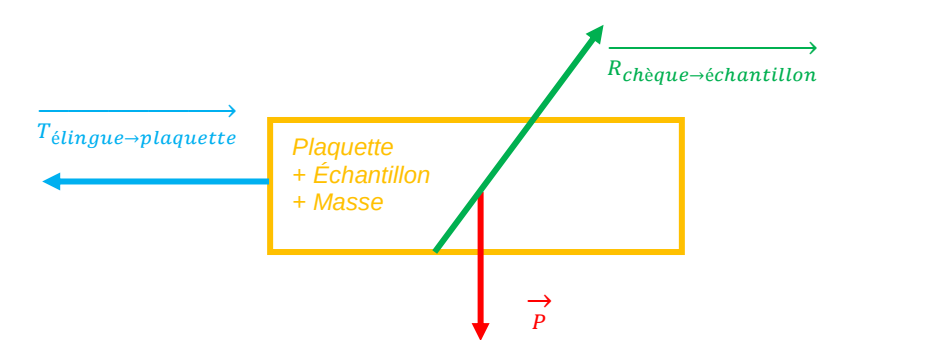
Pour les correcteurs, ces courbes ont effectivement été réalisées lors de la phase de conception du produit dans l'entreprise. L'objectif était de trouver le matériau le plus adhérent entre le chèque et le galet, afin d'éviter tout glissement au niveau de l'entraînement.



Q30 : Calcul du poids de l'ensemble tracté

$$P = m \times g$$
$$= 0,664 \times 9,81$$
$$= 6,51 \text{ N}$$

Q31 : Mise en place des efforts extérieurs appliqués sur l'ensemble tracté



Q32 : Compléter le tableau ci-dessous

Echantillon	Relevé sur les courbes	Calculé
	Moyenne de l'effort entre 30 et 65 mm en N	Coefficient de frottement dynamique (glissement)
Pearllthane	6,1 N	$\tan \varphi = \frac{6,1}{6,51} = 0,94$
Elastollan	7,5 N	$\tan \varphi = \frac{7,5}{6,51} = 1,15$
Polyuréthane	11 N	$\tan \varphi = \frac{11}{6,51} = 1,69$
Néoprène	7 N	$\tan \varphi = \frac{7}{6,51} = 1,07$

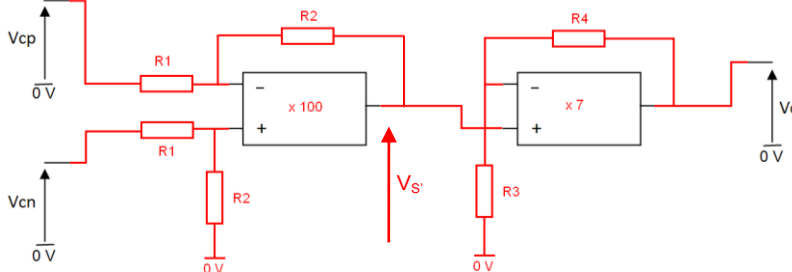
Q33 : Choix du matériau à retenir

Evidemment, le polyuréthane sera choisi car le facteur de frottement avec le chèque est supérieur à 1,5

Q34 : Relever la tension maximale crête à crête (V_{P-P}) en sortie de la tête de lecture. Elle sera notée $(V_{cp} - V_{cn})_{max}$.

$$V_{P-P} = (V_{cp} - V_{cn})_{max} = 200 \text{ mV}$$

Q35 : Structure à base d'un ALI ou d'une association d'ALI permettant d'obtenir la fonction de transfert demandée.



$$\frac{R_2}{R_1} (V_{cp} - V_{cn}) = V_{S'}, \text{ avec } \frac{R_2}{R_1} = 100$$

On choisi $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$

$$V_c = V_{S'} \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) \text{ avec } \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) = 7 \text{ donc } R_4 = 6 R_3$$

$$\text{Si on choisi } R_3 = 12 \text{ k}\Omega \text{ et } R_4 = 68 \text{ k}\Omega \text{ alors } K_c = 100 \times \left(1 + \frac{68}{12} \right) = 666$$

Valeur dans la fourchette de $700 \pm 20\%$ proposée

Plusieurs associations sont possibles: Inverser V_{cn} et l'additionner à V_{cp} , soustraire V_{cp} à V_{cn} puis l'amplifier, soustraire V_{cn} à V_{cp} puis l'inverser avec dans chaque association, une amplification totale de 700, soit des variantes possibles pour les choix d'amplification K_1 et K_2 de chaque étage pour que $K_1 \times K_2$ reste égal à $700 \pm 20\%$ (soit entre 560 et 840).

Il est donc demandé au correcteur d'évaluer :
- la cohérence du montage validant l'équation et le nombre d'ALI,
- la rigueur dans le respect de représentation normalisée du schéma (hors alimentation des ALI).

Cette partie de conception peut être privilégiée en notation par rapport à la phase de dimensionnement des composants (résistances)

Q36 : Quel devra donc être le format (taille en bit) minimal de la grandeur numérique N_c en sortie du convertisseur : 8, 10 ou 12 bits. Justifier la réponse

$$\text{Quantum 8 bits} = 3,3 \text{ V} / 2^8 = 12,8 \text{ mV} > 10 \text{ mV}$$

$$\text{Quantum 10 bits} = 3,3 \text{ V} / 2^{10} = 3,2 \text{ mV} < 12,8 \text{ mV}$$

$$\text{Quantum 12 bits} = 3,3 \text{ V} / 2^{12} = 0,805 \text{ mV} < 3,2 \text{ mV}$$

N_c sur 10 bits au moins.

Q37 : Donner la valeur numérique en binaire en sortie du convertisseur si la différence de potentiel ($V_{cp} - V_{cn}$) est nulle.

$$V_c = (K_c \times 0) + V_0 = 1,65 \text{ V}$$

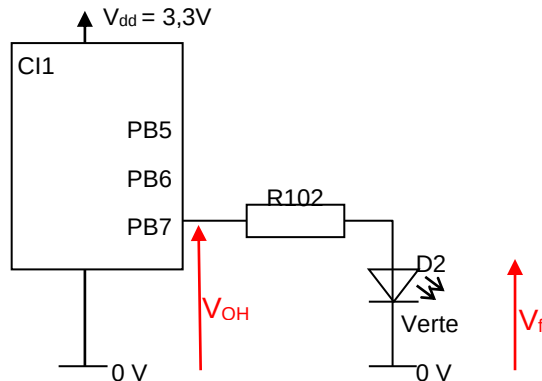
$$\text{Si 10 bits, } 1,65 / 0,0032 = (10 \ 0000 \ 0000)_2$$

Q38 : Choisir la référence du convertisseur le plus approprié. Justifier le choix à partir des critères performance / encombrement / coût / alimentation.

Composant	Format (bits)	Type	Nb broche	Boitier	Prix(€)	Alimentation
Ref1	8	CAN	8	CMS	0.99	$2.5V < V_{cc} < 5V$
Ref2	10	CAN	8	CMS	1.02	$4.5 < V_{cc} < 6V$
Ref3	10	CNA	14	CMS	1.14	$2.0V < V_{cc} < 5.5V$
Ref4	12	CAN	18	DIP	1.25	$2.5V < V_{cc} < 5V$
Ref5	12	CAN	14	CMS	4.56	$2.5V < V_{cc} < 5V$
Réf. 6	10	CAN	8	CMS	1.20	$2,5 \text{ V} < V_{cc} < 5 \text{ V}$

$V_{ref} = 3,3 \text{ V}$ dans la plage comprise entre $2,5 \text{ V}$ et 5 V

Q39 : Exprimer, puis calculer la valeur de la résistance R102 associée à la DEL D2 de couleur verte si $I_f = 10 \text{ mA}$ et $V_f = 2 \text{ V}$. Choisir la valeur normalisée dans la série E12 si on désire se rapprocher de la valeur de I_f fixée sans la dépasser.



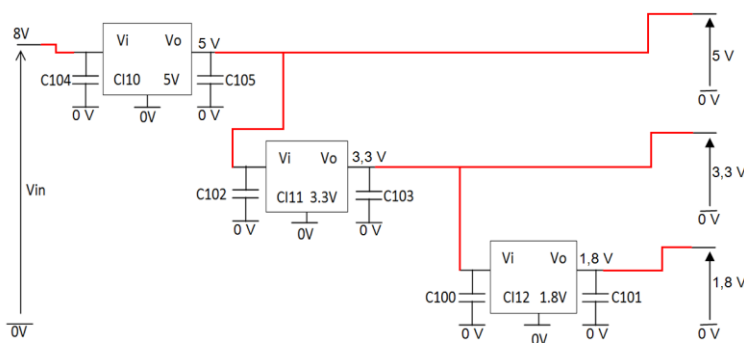
$$R = \frac{V_{OH} - V_f}{I_f} = \frac{3,3 - 2}{0,01} = 130 \Omega$$

On choisira R102 = 150 Ω dans la série E12

Q40 : Déterminer la valeur en hexadécimal à appliquer sur le port B de huit bits si on désire allumer uniquement la DEL Verte et éteindre les autres DEL.

P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	Hex
1	0	0	0	0	0	0	0	\$80

Q41 : Schéma structurel proposant une architecture possible pour fournir les 3 tensions 1.8V, 3.3V et 5V. (A compléter)



La mise en cascade (série) des régulateurs sera valorisée afin de limiter la puissance dissipée par chaque régulateur.
La mise en dérivation (parallèle) sera autorisée avec une valorisation bien moindre.
Les notions de base acquises sur le fonctionnement de régulateurs de tension sont à valoriser (ex: $V_i > V_o$)

Q42 : Exprimer puis calculer la nouvelle valeur de la résistance R3 pour obtenir une tension $V_{OUT} = 21 \text{ V} \pm 5\%$ avec $R_2 = 330 \text{ k}\Omega$. Choisir la valeur de la résistance dans la série E24.

$$R_2 = R_3 \left[\left(\frac{V_{out}}{V_{Ref}} \right) - 1 \right] \rightarrow R_3 = \frac{R_2}{\left[\left(\frac{V_{out}}{V_{Ref}} \right) - 1 \right]} = \frac{330}{\frac{21}{1,25} - 1} = 20,88 \Omega$$

$$R_{3min} = \frac{R_2}{\left[\left(\frac{V_{out}}{V_{Ref}} \right) - 1 \right]} = \frac{330}{\frac{21 + 1,05}{1,25} - 1} = 19,83 \Omega$$

$$R_{3max} = \frac{R_2}{\left[\left(\frac{V_{out}}{V_{Ref}} \right) - 1 \right]} = \frac{330}{\frac{21 - 1,05}{1,25} - 1} = 22,05 \Omega$$

Le choix se portera sur une résistance de 20 Ω dans la série E24

Q43 : Dimensionner le boîtier de la résistance R1 de 20 m Ω si elle est parcourue par une intensité maximale de 4,25 A sous 85 mV.

$$P = R \cdot I^2 = 0,02 \times 4,25^2 = 0,361 \text{ W} \rightarrow \text{On choisira un boîtier CMS 1812}$$